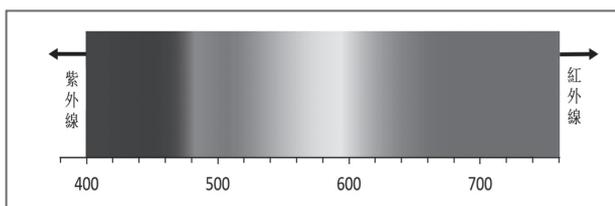


光纖色散對 光纖通信的影響

臺北城市科技大學 資工系副教授 鄧一中

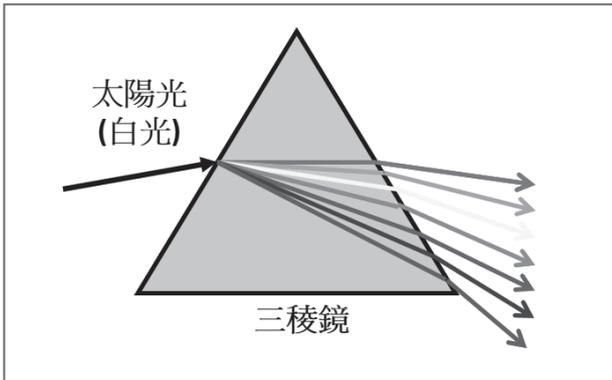
一、色散現象

太陽光分為可見光與不可見光，可見光波長範圍為400~760nm，不同可見光波長對人眼引發的顏色感覺不同，此範圍波長由長到短分別為紅、橙、黃、綠、藍、靛、紫七種顏色，這幾種顏色合成起來為白光；不可見光包含波長大於可見光的紅外線與波長小於可見光的紫外線，光譜詳見圖一。



圖一 太陽光光譜

不同波長的光在真空中的速度均相同，在介質中光的速度和波長相對於真空中會變小，折射率（ n ）即是的速度（ v ）和波長（ λ ）相對於它們在的真空中減小的比例（ $v=C/n, \lambda = \lambda_0/n$ ），所以在同一介質中，波長愈小的光，折射率越大（折射角度大），在該介質中傳播速度小，所以在真空（空氣）中七種混和在一起的光，經過三稜鏡後，不同顏色的光有不同的折射角而分散開來，稱為色散現象，圖二為陽光透過三稜鏡色散示意圖。色散現象中，以紫光的偏折程度最大，紅光的偏折最小，因不同光折色角度的不同產生分散，人間美景彩虹由此而生。

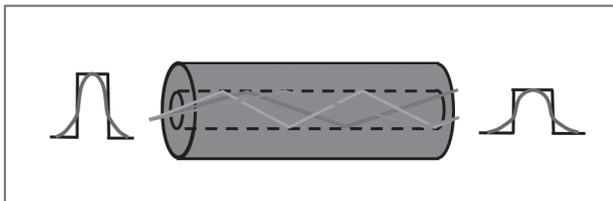


圖二 太陽光通過三稜鏡產生的色散現象

二、光纖色散產生的原因

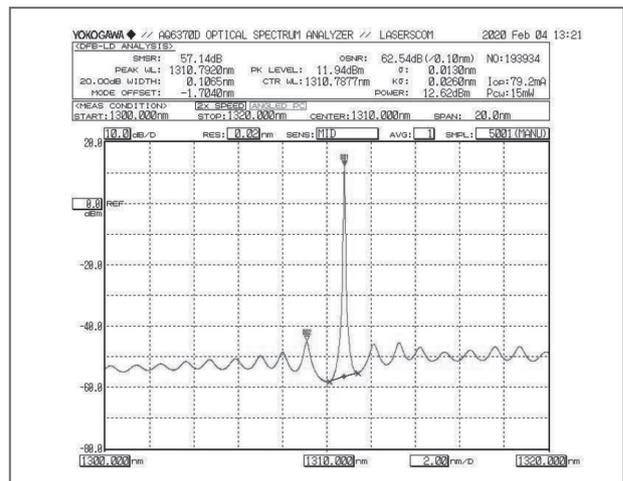
光在光纖中傳輸過程中，因為光的模態不同、光脈衝具有不同頻率成分、光纖材料或波導結構，造成光脈衝在傳輸過程中，因光不同的成分在光纖中具有不同的速度，造成光脈衝逐漸展寬（分散），此即為光在光纖傳輸色散，色散會因光脈衝分散產生信號衰減或前後脈衝信號相互重疊破壞信號傳遞內容，色散現象與光傳遞距離成正比，所以光纖傳輸距離會受到光纖色散的影響而變短，色散大致分為模間色散、色度色散與偏振模色散三種：

1. 模間色散：光在光纖中不同模態（路徑）的光束有不同的群速度，傳輸過程中，不同模態的光束的時間延遲不同，導致在接收端抵達時間不一而產生色散，模間色散示意圖如圖三所示，模間色散主要出現在多模光纖不存於單模光纖中。



圖三 模間色散示意圖

2. 色度色散：光纖傳輸使用的光源雖然聽起來為單一波長之光源，如1310nm；不過實際上雷射二極體並非完美的單一頻率，一般定義頻寬的大小為兩側半峰值的寬度（Full Width at Half Maximum, FWHM），圖四的光譜圖可明顯看出此雷射並非單一波長，不同波長（或頻率）成分具有不同的群速度，在傳輸過程中，不同波長的光束的時間延遲不同而產生之色散即稱為色度色散，色度色散存在於單模與多模光纖。

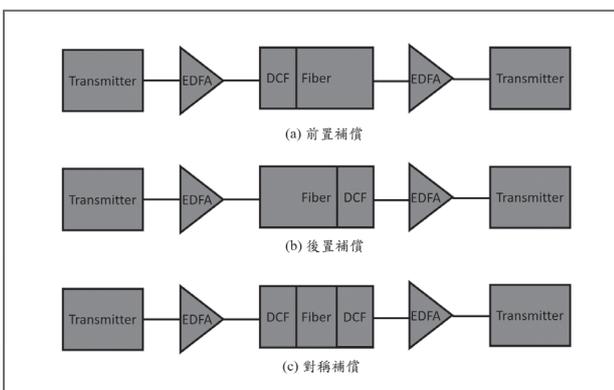


圖四 Laser Lab Source 公司LDI-1310-DFB-10G-15 雷射二極體光譜[ref 4]

3. 偏振模色散：光在傳輸時有兩個相互垂直的偏振模態，如果光纖是理想的對稱圓，兩個相互垂直的偏振模沿光纖以相同的速度傳輸，並同時到達接收器，但是光纖在製造或佈設時難免會產生輕微的橢圓度，使得兩個相互垂直的偏振模態以不相同的速度傳輸，引起脈衝展寬，此光纖橢圓度是隨機出現的，故色散也是隨機發生的。

三、如何降低色散

光纖色散在長距離傳輸時會因為光脈衝展寬的因素，導致信號無法正常的接收和解碼，特別在高密度分波多工器（Dense Wavelength Division Multiplexing, DWDM）系統尤為重要，光纖色散補償有數種方法，本文僅介紹色散補償光纖（Dispersion Compensating Fiber, DCF），其原理為在光鏈路中加入一段具正的色散值的色散補償光纖補償具有負色散的G652光纖，使光色散正、負相互抵即可達到幾乎零色散，色散補償光纖主要有三種補償機制，包括前置補償、後置補償和對稱補償，如圖五所示。針對目前已鋪設的G652標準單模光纖，只要加入光纖鏈路總長度約1/5的色散補償光纖，即可使其光纖鏈路總色散接近零，實現高速度、大容量、長距離的通信。



圖四 色散補償機制[ref 5]

四、結論

光纖通信一直朝向高速率、長距離的方向發展，影響到傳輸距離最直接的是信號的衰減，其次為色散失真，摻鉕光纖放大器（Erbium-Doped Fiber Amplifier, EDFA）可放大光信號功率，將光衰減問題獲得一定的解決，本文即針對光色散問題進行討論，期望讓讀者對光色散問題有一定程度的了解。

五、參考資料：

1. 維基百科[https://zh.wikipedia.org/wiki/色散_\(光學\)](https://zh.wikipedia.org/wiki/色散_(光學))
2. 翰林雲端學院<https://www.ehanlin.com.tw/app/keyword/高中/物理/色散.html>
3. <https://zh.wikipedia.org/wiki/折射率>
4. Laser Lab Source公司LDI-131 0-DFB-1 0G-15 雷射二極體資料手冊。
5. <https://cn.fs.com/tw/blog/24218.html>